

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-327275
(P2002-327275A)

(43) 公開日 平成14年11月15日 (2002. 11. 15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 2 3 C 16/46		C 2 3 C 16/46	4 K 0 3 0
B 0 1 J 3/00		B 0 1 J 3/00	M 5 F 0 0 4
	3/02		L 5 F 0 3 1
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/31	C 5 F 0 4 5
	21/31		R
		21/68	

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-135012(P2001-135012)

(22) 出願日 平成13年5月2日 (2001. 5. 2)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 友吉 力

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
送センター 東京エレクトロン株式会社内

(74) 代理人 100096910

弁理士 小原 肇

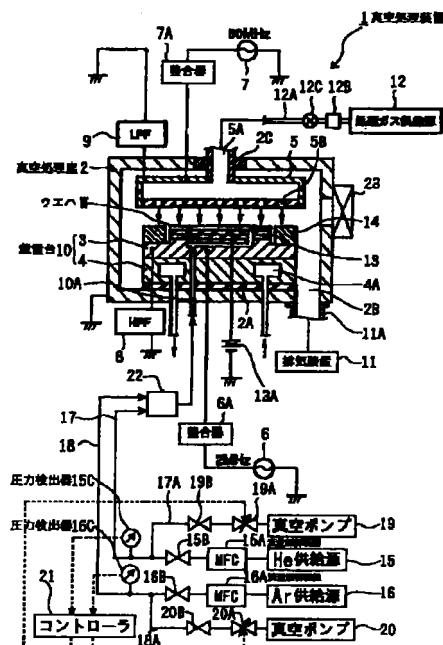
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 真空処理方法及び真空処理装置

(57) 【要約】

【課題】 高温下での真空処理時にヘリウムガスをバックガスとして用いると、ヘリウムガスの圧力を下げて熱伝導性を制限する必要があるが、ヘリウムガスの場合には低圧では被処理体の温度安定性が悪く、被処理体を目標温度に制御することが難しい。

【解決手段】 本発明の真空処理方法は、熱伝導率の大きいHeガスと熱伝導率の小さいArガスの流量をそれぞれ個別に制御する工程と、流量制御後の両ガスの圧力をそれぞれ個別に検出する工程と、両ガスの流量及び圧力に基づいてこれらのガスの供給を制御する工程とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理方法において、熱伝導率を異にする少なくとも二種類の熱伝導性ガスの流量をそれぞれ個別に制御する工程と、流量制御後の上記各熱伝導性ガスの圧力をそれぞれ個別に検出する工程と、上記各熱伝導性ガスの流量及び圧力に基づいて上記各熱伝導性ガスの供給を制御する工程とを備えたことを特徴とする真空処理方法。

【請求項2】 真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理方法において、上記被処理体の目標温度がその初期温度より上記載置台側の温度の場合には上記真空処理の開始直後に少なくとも一種類の熱伝導率の大きい熱伝導性ガスを供給し、上記被処理体の目標温度がその初期温度より上記載置台側の反対側の温度の場合には上記真空処理の開始直後に少なくとも一種類の熱伝導率の小さい熱伝導性ガスを供給するか、熱伝導性ガスを供給しないことを特徴とする真空処理方法。

【請求項3】 真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理方法において、上記被処理体が目標温度に達した時には、熱伝導率を異にする少なくとも二種類の熱伝導性ガスの流量を個別に制御する工程と、流量制御後の上記各熱伝導性ガスの圧力をそれぞれ個別に検出する工程と、上記目標温度に即して上記各熱伝導性ガスの流量及び圧力に基づいて上記各熱伝導性ガスの供給を制御する工程とを備えたことを特徴とする真空処理方法。

【請求項4】 上記目標温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記各熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比を一定にして上記各熱伝導性ガスの総流量及び総圧力をそれぞれ制御して上記被処理体の温度を制御することを特徴とする請求項3に記載の真空処理方法。

【請求項5】 上記目標温度より低い一定温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の大きい熱伝導性ガスの流量を増減あるいはオン／オフして上記被処理体の温度を制御することを特徴とする請求項3に記載の真空処理方法。

【請求項6】 上記目標温度より低い一定温度を保持す

る時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の小さい熱伝導性ガスの流量を増減して上記被処理体の温度を制御することを特徴とする請求項3に記載の真空処理方法。

【請求項7】 上記目標温度より高い一定温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の小さい熱伝導性ガスの流量を増減またはオン／オフして上記被処理体の温度を制御することを特徴とする請求項3に記載の真空処理方法。

【請求項8】 上記目標温度より高い一定温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の大きい熱伝導性ガスのみの流量を増減して上記被処理体の温度を制御することを特徴とする請求項3に記載の真空処理方法。

【請求項9】 上記目標温度を変更する時には、上記各熱伝導性ガスの上記基準流量比及び基準圧力比を基準にして相対的に熱伝導率の大きい熱伝導性ガス及び相対的に熱伝導率の小さい熱伝導性ガスのいずれかを供給するか、熱伝導性ガスを供給しないことを特徴とする請求項3～請求項8に記載の真空処理方法。

【請求項10】 上記目標温度を変更する工程において、変更後の目標温度が変更前の温度より上記載置台側の温度の場合には上記目標温度の変更直後に少なくとも一種類の熱伝導率の大きい熱伝導性ガスを供給し、逆に、変更後の目標温度が変更前の温度より上記載置台側の反対側の温度の場合には上記目標温度の変更直後に少なくとも一種類の熱伝導率の小さい熱伝導性ガスを供給するか、熱伝導性ガスを供給しないことを特徴とする請求項9に記載の真空処理方法。

【請求項11】 真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理装置において、上記載置台に少なくとも二種類の熱伝導性ガスを供給する少なくとも二つのガス供給源と、これらのガス供給源それぞれから供給される熱伝導性ガスの流量をそれぞれ個別に制御する少なくとも二つの流量制御装置と、これらの流量制御装置によって流量制御された各熱伝導性ガスの圧力をそれぞれ個別に検出する圧力検出手段と、これらの流量制御装置及び／または圧力検出器の検出値に基づいて上記各熱伝導性ガ

スの流量及び/または圧力を制御するコントローラとを備えたことを特徴とする真空処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、真空処理方法及び真空処理装置に関し、更に詳しくは、高真空、高温下でも安定した処理を行うことができ、しかも処理温度（以下、「目標温度」と称す。）を素早く切り替え、目標温度を幅広く制御することができる真空処理方法及び真空処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の真空処理装置は、例えば、ウエハ等の被処理体に対して真空処理を施す真空処理室と、真空処理室内で被処理体を載置する温度調節可能な載置台と、載置台上の被処理体に所定の真空処理を施すためにプラズマを発生させるプラズマ発生手段とを備え、プラズマ発生手段を介して真空処理室内でプラズマを発生させ、載置台を介して目標温度に設定された被処理体に対してエッチングや成膜等のプラズマ処理を施す。

【0003】ところが、上記載置台と被処理体には僅かな隙間が形成され、この隙間が真空断熱層となって載置台と被処理体の熱伝達が阻害される。そのため、載置台と被処理体間の隙間に熱伝導性ガスをバックガスとして供給し、載置台と被処理体間の熱伝導性を改善し、被処理体の温度を円滑に制御するようにしている。この場合、熱伝導性ガスとしては従来から例えば熱伝導性に優れたヘリウムが広く用いられている。

【0004】一方、最近では、例えば図5に示すようなディーブトレッチ構造等を得るプロセスでは被処理体に対して高温（例えば、120℃以上）下でエッチングを施す必要が生じてきている。このように被処理体を高温に制御する場合には、ヘリウムガスの圧力を例えば3～5 Torrまで下げることににより熱伝導性を低下させてプラズマからの熱により被処理体を昇温することがある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、半導体装置の微細化が進むに連れてディーブトレッチ構造等の溝形状を仕様通りに制御するための温度制御が難しくなり、特にディーブトレッチプロセス等では前述のようにヘリウムガスの圧力を下げて熱伝導性を制限する必要があるが、ヘリウムガスの場合には前述のような低圧では被処理体の温度安定性が悪く、被処理体を目標温度に制御することが難しく、ひいてはディーブトレッチ構造等の形状制御が極めて難しいという課題があった。更に、図5に示すようなテーパー部T₁と垂直溝部T₂をステップエッチングにより形成する場合には、トレンチTの形状に即して目標温度を素早く切り替える必要があるが、載置台の温度を変えて被処理体の温度を切り替えるには時間を要する。また、低圧ヘリウムガスでは目標温度を素早く切り替えることも難しい。また、特許第2635

153号には熱伝導率がそれぞれ異なる熱伝導性ガスの混合ガスを用いて熱伝導性を改善する発明が提案されているが、この技術では各熱伝導性ガスの混合率をきめ細かく制御することが難しい。

【0006】本発明は、上記課題を解決するためになされたもの、高真空、高温下でも被処理体に対して安定した処理を施すことができ、しかもステップエッチング等のように複数の目標温度で処理する場合に目標温度を素早く切り替えることができる真空処理方法及び真空処理装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に記載の真空処理方法は、真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理方法において、熱伝導率を異にする少なくとも二種類の熱伝導性ガスの流量をそれぞれ個別に制御する工程と、流量制御後の上記各熱伝導性ガスの圧力をそれぞれ個別に検出する工程と、上記各熱伝導性ガスの流量及び圧力に基づいて上記各熱伝導性ガスの供給を制御する工程とを備えたことを特徴とするものである。

【0008】また、本発明の請求項2に記載の真空処理方法は、真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理方法において、上記被処理体の目標温度がその初期温度より上記載置台側の温度の場合には上記真空処理の開始直後に少なくとも一種類の熱伝導率の大きい熱伝導性ガスを供給し、上記被処理体の目標温度がその初期温度より上記載置台側の反対側の温度の場合には上記真空処理の開始直後に少なくとも一種類の熱伝導率の小さい熱伝導性ガスを供給するか、熱伝導性ガスを供給しないことを特徴とするものである。

【0009】また、本発明の請求項3に記載の真空処理方法は、真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理方法において、上記被処理体が目標温度に達した時には、熱伝導率を異にする少なくとも二種類の熱伝導性ガスの流量を個別に制御する工程と、流量制御後の上記各熱伝導性ガスの圧力をそれぞれ個別に検出する工程と、上記目標温度に即して上記各熱伝導性ガスの流量及び圧力に基づいて上記各熱伝導性ガスの供給を制御する工程とを備えたことを特徴とするものである。

【0010】また、本発明の請求項4に記載の真空処理方法は、請求項3に記載の発明において、上記目標温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量

比及び基準圧力比を予め求め、上記各熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比を一定にして上記各熱伝導性ガスの総流量及び総圧力をそれぞれ制御して上記被処理体の温度を制御することを特徴とするものである。

【0011】また、本発明の請求項5に記載の真空処理方法は、請求項3に記載の発明において、上記目標温度より低い一定温度を保持するための上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導率を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の大きい熱伝導性ガスのみの流量を増減あるいはオン/オフして上記被処理体の温度を制御することを特徴とするものである。

【0012】また、本発明の請求項6に記載の真空処理方法は、請求項3に記載の発明において、上記目標温度より低い一定温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の小さい熱伝導性ガスの流量を増減して上記被処理体の温度を制御することを特徴とするものである。

【0013】また、本発明の請求項7に記載の真空処理方法は、請求項3に記載の発明において、上記目標温度より高い一定温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の小さい熱伝導性ガスの流量を増減またはオン/オフして上記被処理体の温度を制御することを特徴とするものである。

【0014】また、本発明の請求項8に記載の真空処理方法は、請求項3に記載の発明において、上記目標温度より高い一定温度を保持する時の上記各熱伝導性ガスそれぞれの基準流量比及び基準圧力比を予め求め、上記熱伝導性ガスの供給を制御する工程では、上記基準流量比及び基準圧力比に基づいて上記各熱伝導性ガスのうち、相対的に熱伝導率の大きい熱伝導性ガスのみの流量を増減して上記被処理体の温度を制御することを特徴とするものである。

【0015】また、本発明の請求項9に記載の真空処理方法は、請求項3～請求項8のいずれか1項に記載の発明において、上記目標温度を変更する時には、上記各熱伝導性ガスの上記基準流量比及び基準圧力比を基準にして相対的に熱伝導率の大きい熱伝導性ガス及び相対的に熱伝導率の小さい熱伝導性ガスのいずれかを供給するか、熱伝導性ガスを供給しないことを特徴とするものである。

【0016】また、本発明の請求項10に記載の真空処

理方法は、請求項9に記載の発明において、上記目標温度を変更する工程において、変更後の目標温度が変更前の温度より上記載置台側の温度の場合には上記目標温度の変更直後に少なくとも一種類の熱伝導率の大きい熱伝導性ガスを供給し、逆に、変更後の目標温度が変更前の温度より上記載置台側の反対側の温度の場合には上記目標温度の変更直後に少なくとも一種類の熱伝導率の小さい熱伝導性ガスを供給するか、熱伝導性ガスを供給しないことを特徴とするものである。

【0017】また、本発明の請求項11に記載の真空処理装置は、真空処理室内の温度調節可能な載置台上に被処理体を載置し、上記載置台と上記被処理体間に熱伝導性ガスを供給して熱伝導性を付与し、上記載置台を介して上記被処理体を目標温度に制御して真空処理を施す真空処理装置において、上記載置台に少なくとも二種類の熱伝導性ガスを供給する少なくとも二つのガス供給源と、これらのガス供給源それぞれから供給される熱伝導性ガスの流量をそれぞれ個別に制御する少なくとも二つの流量制御装置と、これらの流量制御装置によって流量制御された各熱伝導性ガスの圧力をそれぞれ個別に検出する圧力検出手段と、これらの流量制御装置及び/または圧力検出器の検出値に基づいて上記各熱伝導性ガスの流量及び/または圧力を制御するコントローラとを備えたことを特徴とするものである。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図1～図4に示す実施形態に基づいて本発明を説明する。本実施形態の真空処理装置1は、例えば図1に示すように、所望の高真空度を保持することができる、表面がアルマイト加工され且つ電気的に接地された真空処理室2と、この真空処理室2内の底面中央に配設され且つ被処理体（例えば、ウェハ）Wを載置する下部電極3と、この下部電極3を下方から支持し且つ真空処理室2の底面に絶縁部材2Aを介して配設された支持体4と、下部電極3と隙間を介して配設され且つ中空状に形成された上部電極5とを備えている。下部電極3には高周波電源6が整合器6Aを介して接続され、上部電極5には下部電極3よりも周波数の高い高周波を印加する高周波電源7が整合器7Aを介して接続されている。下部電極3にはハイパスフィルタ8が接続され、上部電極5にはローパスフィルタ9が接続されている。尚、載置台10は下部電極3及び支持体4から構成されている。

【0019】上記真空処理室2の底面には排気口2Bが形成され、この排気口2Bには排気装置11が配管11Aを介して接続されている。排気装置11は真空処理室2内を真空排気して所望の真空度を維持するようにしている。上部電極5の上面中央にはガス導入管5Aが形成され、このガス導入管5Aは絶縁部材2Cを介して真空処理室2の上面中央を貫通している。そして、このガス導入管5Aには配管12Aを介して処理ガス供給源12

が接続されている。この配管12Aには処理ガス供給源12側から下流側に向けて流量制御装置12B及びバルブ12Cが順次設けられ、これら両者12B、12Cを介して真空処理室2内へ供給する処理ガスを所定流量に制御する。上部電極5の下面には多数の孔5Bが均等に分散させて形成され、各孔5Bから真空処理室2内へ処理ガスを均等に分散供給する。従って、排気装置11によって真空処理室2内を真空引きすると共に処理ガス供給源12から処理ガスを所定の流量で供給した状態で、下部電極3及び上部電極5にそれぞれの高周波電力を印加し、真空処理室2内で処理ガスのプラズマを発生させ、載置台10上のウエハWに対して所定のプラズマ処理（例えば、エッチング）を施す。この載置台10には温度センサ（図示せず）が装着され、温度センサを介して載置台10上のウエハWの温度を常時監視している。

【0020】上記支持体4内には所定の冷媒（例えば、従来公知のフッ素系流体、水等）が通る冷媒流路4Aが形成され、冷媒が冷媒流路4Aを流れる間に下部電極3が冷却され、下部電極3を介してウエハWを冷却し、ウエハWを所望の温度に調整する。図1では冷媒流路4Aの流入口及び流出口は共に互いに離間した位置に図示されているが、冷媒流路4Aは、実際には例えば図2に示すように、その流入口4Bが支持体4の外周縁部に形成されていると共に流出口4Cが支持体4の中心からやや偏倚した位置に形成され、これら両者4B、4Cが渦巻き状に形成された2m以上の流路で連結されている。図2に示すように、冷媒の流入配管4D及び流出配管4Eはそれぞれ互いに隣接して支持体4外周縁部近傍の下方から下面まで立ち上がり、流入配管4Dの上端部が支持体4の下面に沿って流入口4Bまで延び、流出配管4Eの上端部が支持体4の下面に沿って流出口4Cまで延びている。そして、動粘性係数（ $\nu = \mu / \rho$ ）が例えば $2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{秒}$ （即ち、2センチストークス）の冷媒が使用され、30L/分の流速で冷媒流路4A内に供給され、この時のレイノルズ数（ $Re = u d / \nu$ ）が例えば3300以上に設定されている。以上の条件設定により冷媒流路4A内で冷媒が乱流を形成し、熱交換効率を高めることができる。

【0021】上記下部電極3上には静電チャック13が配置され、静電チャック13には直流電源13Aに接続されている。静電チャック13は直流電源13Aから高電圧を印加されてウエハWを静電吸着する。下部電極3の外周縁には静電チャック13を囲むフォーカスリング14が配置され、フォーカスリング14を介してプラズマをウエハWに集束させる。

【0022】而して、上記載置台10には熱伝導性ガスのガス流路10Aが形成され、ガス流路10Aは例えば図3、図4に示すように載置台10の上面（正確には下部電極3の上面）で二系統の第1、第2分岐流路10B、10Cに分かれてそれぞれ複数箇所開口し、二系

統の複数の開口は二つの同心円上に分かれてそれぞれの円周上に周方向等間隔を空けて配置されている。載置台10上の静電チャック13表面には載置台10の上面の二系統の開口と一致させた複数の第1、第2貫通孔13B、13Cが形成されている。従って、熱伝導性ガスをガス流路10A内に供給すると、熱伝導性ガスは第1、第2分岐流路10B、10Cを経由して第1、第2貫通孔13B、13Cから静電チャック13とウエハWの隙間全体に均等に拡散し、隙間での熱伝導性を高めている。

【0023】図1に示すように上記ガス流路10Aには例えば熱伝導率を異にする二種類の熱伝導性ガス、即ち、熱伝導率の大きい熱伝導性ガス（例えば、ヘリウム（He）ガス）及び熱伝導率の小さい熱伝導性ガス（例えば、アルゴン（Ar）ガス）を供給するHe供給源15及びAr供給源16がガス配管17、18を介して接続されている。Heガス用のガス配管17には上流側から下流側に流量制御装置（MFC）15A及びバルブ15Bが順次設けられ、流量制御装置15Aを介してHeガスの流量を制御する。このガス配管17には分岐管17Aを介して真空ポンプ19が接続され、真空ポンプ19の排気量を可変バルブ19Aを介して制御する。Arガス用のガス配管18には上流側から下流側に流量制御装置（MFC）16A及びバルブ16Bが順次設けられ、流量制御装置16Aを介してArガスの流量を制御する。このガス配管18には分岐管18Aを介して真空ポンプ20が接続され、真空ポンプ20の排気量を可変バルブ20Aを介して制御する。更に、上記ガス配管17、18には圧力検出器15C、16Cが設けられ、これら圧力検出器15C、16Cはそれぞれのガス配管17、18内を流れるHeガス及びArガスの圧力を個別に検出する。圧力検出器15C、16CはいずれもA/D変換器（図示せず）を介してコントローラ21に接続され、コントローラ21は各圧力検出器15C、16Cの検出値に基づいて可変バルブ19A、20Bを開閉制御してHeガス及びArガスの圧力を個別に制御する。このコントローラ21は流量制御装置15A、16Aを介してHeガスとArガスの流量を管理している。従って、コントローラ21は両ガスの流量比、圧力比を演算し、制御することができる。尚、19B、20Bはバルブである。

【0024】上記各ガス配管17、18はそれぞれ混合器22を介して上記ガス流路10Aに接続され、混合器22内で均一に混合されたHeガス及びArガスが複合熱伝導性ガスとして載置台10内のガス流路10A、第1、第2分岐流路10B、10C及び第1、第2貫通孔13B、13Cから静電チャック13とウエハW間の隙間に達し、この隙間から載置台10の周囲へ拡散する。尚、ガス流路10AにおいてHeガス及びArガスが均一に混合されれば、混合器22は設けなくても良い。

尚、図1において、23はゲートバルブである。

【0025】本実施形態では、熱伝導率の大きいHeガスと熱伝導率の小さいArガスの流量及び圧力を個別に制御することができるため、これらの熱伝導性ガスを載置台10に供給する際に、HeガスとArガスの流量比及び圧力比を必要に応じて適宜制御することで複合熱伝導性ガスの熱伝導率を制御し、もって載置台10の冷却能力を高め、あるいは制限することができる。ステップエッチング等のように目標温度を切り替える場合には、HeガスとArガスの流量比、圧力比等をその都度制御し、目標温度を素早く切り替えることができる。ウエハWの温度制御に関しては本発明の真空処理方法と一緒に以下に詳述する。

【0026】次に、上記真空処理装置1を用いた本発明の真空処理方法の一実施形態について説明する。本発明の真空処理方法はウエハWの処理段階に応じて複数種の熱伝導性ガスの流量比、圧力比を適宜制御する点に特徴がある。特に複数種の熱伝導性ガスを混合する直前に各熱伝導性ガスの圧力を検出し、混合後の複合熱伝導性ガスの各熱伝導性ガスの混合率を正確に制御し、ひいては複合熱伝導性ガスの熱伝導率を正確に制御する点に特徴がある。そこで、Heガス及びArガスの制御態様を中心にしてウエハWの処理方法について以下説明する。

【0027】まず、ウエハWを真空処理室2内に搬入する。即ち、ゲートバルブ23を開放し、図示しない搬送機構を介して載置台10上にウエハWを載置した後、ゲートバルブ23を閉じる。排気装置11を介して真空処理室2内を真空引きしながら処理ガス供給源12から上部電極5内へ処理ガスを所定の流量で供給し、処理ガスを真空処理室2全体に均等に拡散させ、真空処理室2内の圧力を所定の真空度に保つ。この間、載置台10内では冷媒回路4Aを冷媒が循環し、支持体4、下部電極3及び静電チャック13を例えば-10〜70℃の範囲で制御している。

【0028】また、He供給源15及びAr供給源16からはHeガス及びArガスを載置台10のガス流路10Aに供給し、混合器22内で均一に混合したHeガス及びArガスを複合熱伝導性ガスとして第1、第2分岐流路10B、10C及び第1、第2貫通孔13B、13Cを介して静電チャック13とウエハW間に供給し、静電チャック13とウエハW間の熱伝導性を制御し、もって載置台10とウエハW間の熱移動を制御することができる。この際、コントローラ21は複合熱伝導性ガスの流量比及び圧力比を管理、制御することで静電チャック13とウエハW間の熱伝導率を正確に制御することができる。つまり、ウエハWを高温（例えば、120℃）で処理する場合には静電チャック13とウエハW間の熱伝導率を小さくあるいは必要に応じて間欠的に断熱してプラズマ処理で昇温したウエハWから静電チャック13への熱移動を制限してウエハWを高温下で安定させる。ま

た、ウエハWを載置台10の温度に近い低温で処理する場合には静電チャック13とウエハW間の熱伝導率を大きくしてウエハWから静電チャック13への熱移動を促進してウエハWを効率良く冷却する。

【0029】上記複合熱伝導性ガスの流量比及び圧力比を制御した状態で、上下両電極3、5にそれぞれ高周波電力を印加して両電極3、5間にプラズマを発生させて載置台10上のウエハWを所定の処理温度（目標温度）に制御しながらウエハWにステップエッチング等の所定のプラズマ処理を施す。処理後にはウエハWの搬入時とは逆の手順でウエハWを真空処理室2外へ搬出する。

【0030】而して、本実施形態ではウエハWを処理するに当たり、ウエハWの搬入時の温度（初期温度）と目標温度の関係、目標温度に達した時、目標温度を切り替える時によってHeガスとArガスの流量比及び圧力比を処理段階に即して制御する。両ガスの各段階における流量比及び圧力比は、予めウエハWを実プロセスと同一条件を想定して処理した時に得られたものを基準流量比及び基準圧力比としてコントローラ21のメモリ（図示せず）に予め登録しておく。基準流量比及び基準圧力比を求める場合には、ウエハWの処理条件に応じてHeガス及びArガスを供給する際に、両ガスの所定流量をそれぞれの流量制御装置15A、16Aに予め設定し、この設定流量に基づいて両ガスの流量を個別に制御する。そして、流量制御後の両ガスの圧力をそれぞれの圧力検出器15C、16Cを用いて個別に検出し、この時のウエハWの温度を検出する。ウエハWが目標温度あるいはその前後の温度で一定になった時、それぞれの温度における両ガスの流量及び圧力を基準流量及び基準圧力としてコントローラ21に登録し、両ガスの基準流量比及び基準圧力比をも登録する。その後、これらの基準値に基づいて両ガスの流量及び圧力を制御し、もってウエハW裏面の熱伝導率を制御してウエハWの温度を制御する。この際、下記の式の温度条件を満たすことを前提とする。但し、下記の式において、 t_1 はバックガスを供給せずウエハWがプラズマのみで加熱昇温して到達する温度、 t_2 はウエハWの目標温度、 t_3 は載置台10の温度と定義する。

$$t_1 > t_2 > t_3$$

【0031】実プロセスではウエハWの処理に際し、ウエハWが載置台10上に載置された時点でウエハWの初期温度を温度センサで検出する。ウエハWの目標温度が初期温度より低く載置台10側の温度の場合には載置台10を介してウエハWを冷却して初期温度から目標温度まで下げる必要があるため、Ar供給源16のバルブ16Bを閉じ、He供給源15のバルブ15Cを開いて熱伝導率の大きいHeガスのみを供給し、ウエハW裏面での熱伝導率を大きくする。これによりウエハWから載置台10への熱移動が大きく、ウエハWを素早く目標温度に到達させることができる。逆にウエハWの目標温度が

初期温度より高く載置台10側の反対側の温度の場合には載置台10の冷却能力を制限して初期温度から目標温度まで素早く上げる必要がある。この場合にはHe供給源15のバルブ15Bを閉じ、Ar供給源16のバルブ16Bを開いて熱伝導率の小さいArガスのみを供給し、熱伝導率を小さくしてウエハWを素早く目標温度に到達させる。あるいはArガスを供給せず断熱してウエハWを素早く目標温度に到達させる。

【0032】ウエハWが目標温度範囲に到達した後は、その温度を目標温度で安定化させる。目標温度で安定化させるには例えば基準流量比及び基準圧力比が異なる3つの方法が考えられる。例えば基準流量比及び基準圧力比をウエハWが目標温度で一定になるように設定する第1の方法、基準流量比及び基準圧力比を目標温度に対してやや載置台10の温度(目標温度より低い温度)側で一定になるように設定する第2の方法、基準流量比及び基準圧力比を目標温度に対して載置台10のやや反対側の温度(目標温度よりやや高い温度)で一定温度になるように設定する第3の方法がある。第1～第3の方法を実施する場合には上述したように予めそれぞれの一定温度を想定して両ガスの基準流量比及び基準圧力比を予め求めておく。

【0033】第1の方法(基準流量比及び基準圧力比をウエハWが目標温度で一定になるように設定する方法)の場合には、HeガスとArガスを併用し、コントローラ21が予め登録されている両ガスの基準流量比及び基準圧力比に基づいて両ガスの流量及び圧力を制御し、換言すればウエハWと静電チャック13間の複合熱伝導性ガスの熱伝導率を制御してウエハWの温度を目標温度になるように制御する。即ち、HeガスとArガスの流量をそれぞれ流量制御装置15A、16Aを用いて個別に基準流量に制御し、更に、流量制御後の両ガスの基準圧力を圧力検出器15C、16Cを用いて個別に検出する。コントローラ21は圧力検出器15C、16Cの検出値に基づいて可変バルブ19A、20Aを開閉制御して圧力比を基準圧力比に設定する。ウエハ温度が目標温度から外れた場合には基準流量比及び基準圧力比を一定にしたまま、コントローラ21は温度センサの検出値に基づいて両ガスの流量及び圧力を増減してウエハWが目標温度になるように制御する。この操作によってウエハWの温度は目標温度を基準にして昇降温を繰り返し、ウエハ温度の平均値が目標温度になる。

【0034】第2の方法(基準流量比及び基準圧力比を目標温度よりやや低い温度側で一定になるように設定する方法)の場合には、HeガスとArガスを併用し、コントローラ21が予め登録されている両ガスの基準流量比及び基準圧力比に基づいてウエハWと静電チャック13間の複合熱伝導性ガスの熱伝導率を制御してウエハWの温度を目標温度よりやや低い温度が一定温度に一定になるようにする。即ち、HeガスとArガスの流量をそ

れぞれ流量制御装置15A、16Aを用いて個別に基準流量に制御し、更に、流量制御後の両ガスの基準圧力を圧力検出器15C、16Cを用いて個別に検出する。コントローラ21は圧力検出器15C、16Cの検出値に基づいて可変バルブ19A、20Aを開閉制御して圧力比を基準圧力比に設定する。ウエハ温度が目標温度より低い側に所定の制御範囲から外れた場合には基準流量比及び基準圧力比を基準としてコントローラ21が温度センサの検出値に基づいてHeガスのみの流量を低減あるいはオフして熱伝導率を低下させてウエハWが目標温度になるように制御する。その後Heガスのみの流量を増減あるいはオン、オフして熱伝導率を上下させてウエハWが目標温度になるように制御する。この操作によってウエハWの温度は目標温度より低い側から目標温度を中心に昇降温を繰り返し、ウエハ温度の平均値が目標温度になる。また、この方法ではHeガス及びArガスの基準流量比及び基準圧力比を基準にしてArガスのみの流量を増減しても同様にウエハ温度を目標温度に制御することができる。

【0035】第3の方法(基準流量比及び基準圧力比を目標温度よりやや高い温度側で一定温度になるように設定する方法)の場合には、HeガスとArガスを併用し、コントローラ21が予め登録されている両ガスの基準流量比及び基準圧力比に基づいてウエハWと静電チャック13間の複合熱伝導性ガスの熱伝導率を制御してウエハWの温度を目標温度よりやや高い温度で一定温度になるようにする。即ち、HeガスとArガスの流量をそれぞれ流量制御装置15A、16Aを用いて個別に基準流量に制御し、更に、流量制御後の両ガスの基準圧力を圧力検出器15C、16Cを用いて個別に検出する。コントローラ21は圧力検出器15C、16Cの検出値に基づいて可変バルブ19A、20Aを開閉制御して圧力比を基準圧力比に設定する。ウエハ温度が目標温度より高い側に所定の制御範囲から外れた場合には基準流量比及び基準圧力比を基準としてコントローラ21が温度センサの検出値に基づいてHeガスのみの流量を増加して熱伝導率を上昇させてウエハW温度を低下させ目標温度になるように制御する。その後Heガスのみの流量を増して熱伝導率を上下させてウエハWが目標温度になるように制御する。この操作によってウエハWの温度は目標温度より高い側から目標温度を中心に昇降温を繰り返し、ウエハ温度の平均値が目標温度になる。また、この方法ではHeガス及びArガスの基準流量比及び基準圧力比を基準にしてArガスのみの流量を増減あるいはオン、オフしても同様にウエハ温度を目標温度に制御することができる。

【0036】目標温度を載置台10側の温度に変える場合、換言すれば目標温度より低い温度に変える場合にはArガスの供給を止め、Heガスのみを供給するか、Heガスの流量を増やして載置台10の冷却能力を高め

る。この操作により載置台10の冷却能力が高まってウエハ温度を素早く下げることができる。逆に目標温度を載置台10側の反対側の温度に変える場合、換言すれば目標温度より高い温度に変える場合にはHeガスの供給を止め、Arガスのみを供給するか、Arガスの流量を減らし、あるいはオフして載置台10の冷却能力を低める。この操作により載置台10の冷却能力が低下してウエハ温度を素早く上げることができる。

【0037】ステップエッチングにおいて、プロセス中に目標温度をそれまでの目標温度より低くする場合にはArガスの供給を止め、Heガスのみを供給するか、Heガスの流量を増やして載置台10の冷却能力を強めてウエハ温度を素早く次の目標温度まで下げることができる。逆にプロセス中に目標温度をそれまでの目標温度より高くする場合Heガスの供給を止め、Arガスのみを供給するか、Arガスの流量を減らし、あるいはオフして載置台10の冷却能力を弱める。この操作により載置台10の冷却能力が低下してウエハ温度を素早く次の目標温度まで上げることができる。そして、ウエハWが次の目標温度を基準とした所定の温度範囲に到達したら上

述した第1～第3の方法を用いてウエハWの温度を目標温度になるように制御する。

【0038】Heガス及びArガスをウエハ処理の初期段階から制御段階へ切り替えるタイミングは、例えば温度センサでウエハWの温度を監視し、温度センサの検出値に基づいてコントローラ21によって決定する。また、Heガス及びArガスもの制御段階においても例えば温度センサも検出値に基づいてウエハ温度を制御する。

【0039】以上説明したように本実施形態によれば、バックガスであるHeガス及びArガスを混合する直前にこれら両ガスの流量及び圧力を検出し、両ガスの供給量を正確に検出し、両ガスの混合率を正確に求めることができるため、ウエハWの処理段階に応じて複合熱伝導性ガスの熱伝導率を正確且つ確実に制御し、ひいてはエッチング時には正確に溝形状を制御することができる。また、Heガス及びArガスの基準流量比及び基準圧力比を基準にして両ガスの流量及び圧力を個別に増減しあるいは供給を止めて複合熱伝導性ガスの熱伝導率を制御することができるため、高温下で処理する場合には制御性の悪い低圧のHeガスに代えてArガスを使い、高温下であってもウエハWの温度安定性を確保することができる。更に、プロセス中に温度を変化させる場合にも、Heガス及びArガスの流量及び圧力を個別に制御して熱伝導率を自由に大きくしたり小さくしたりしてウエハWの昇降温を素早く行うことができる。従って、図5に示すディーブトレンチ構造の溝を形成するステップエッチングの場合には正確に形状制御を行うことができる。

【0040】尚、本発明は上記実施形態に何等制限されるものではない。温度条件として $t_1 > t_2 > t_3$ を満たすことを前提としたが、プラズマを生成しない装置等で $t'_1 < t_2 < t_3$ (t'_1 はウエハ初期温度)の温度条件においても用いることができる。また、上記実施形態では熱伝導性ガスとして、熱伝導率の大きいHeガスと、熱伝導率の小さいArガスを例に挙げて説明したが、必要に応じて処理に影響を及ぼすことのないキセノン等の不活性ガスを用いることができる。要は熱伝導率を異にする熱伝導性ガスを適宜組み合わせ、それぞれの流量比及び圧力比を求めた後、これらのガスを適宜混合した複合熱伝導性ガスの熱伝導率を被処理体の処理段階に即して制御する方法であれば本発明に包含される。また、上記実施形態では真空処理装置として高周波電力を用いたエッチング装置を例に挙げて説明したが、その他マイクロ波等を用いたエッチング装置は勿論のこと、エッチング装置以外の成膜装置等にも本発明を適用することができる。また、被処理体はウエハに制限されるものではない。

【0041】

【発明の効果】本発明の請求項1～請求項11に記載の発明によれば、高真空、高温下でも被処理体に対して安定した処理を施すことができ、しかもステップエッチング等のように複数の目標温度で処理する場合に目標温度を素早く切り替えることができる真空処理方法及び真空処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の真空処理装置の一実施形態を示す構成図である。

【図2】図1に示す支持体の冷媒流路を示す水平方向の断面図である。

【図3】図1に示す載置台の構造を概念的に示す断面図である。

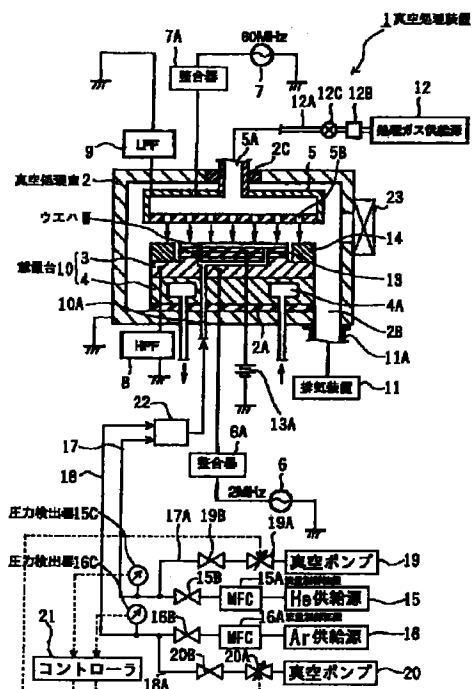
【図4】図3に示す静電チャックを示す平面図である。

【図5】ディーブトレンチの断面構造を示す図である。

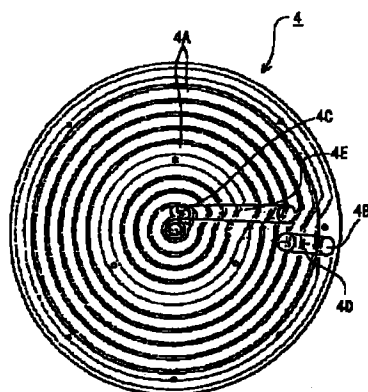
【符号の説明】

- 1 真空処理装置
- 2 真空処理室
- 10 載置台
- 15 He供給源(ガス供給源)
- 15A 流量制御装置
- 15C 圧力検出器
- 16 Ar供給源(ガス供給源)
- 16A 流量制御装置
- 16C 圧力検出器
- 21 コントローラ
- W ウエハ(被処理体)

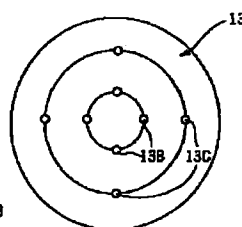
【図1】



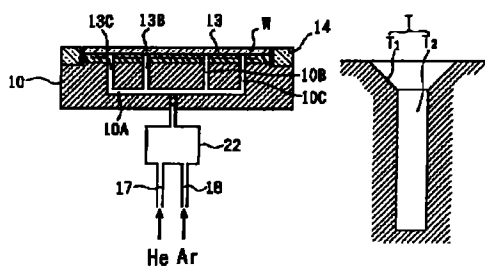
【図2】



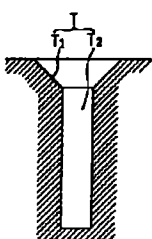
【図4】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
H01L 21/68

識別記号

F I
H01L 21/302

テマコード (参考)

C

Fターム(参考) 4K030 CA04 CA12 HA12 JA05 JA09
JA10 KA23 KA41
5F004 AA16 BA09 BB25 BB26 CA04
5F031 CA02 HA16 HA37 HA38 HA39
JA45 JA46 JA47 JA51 MA28
MA32 NA04
5F045 BB08 DP03 EB02 EJ03 EJ10
EK10